

- [4] White, D. Ultrasonic object consolidation. US Patent 6519500, 23 March 2000.  
 [5]. Friel R.J., Harris R.A. Ultrasonic Additive manufacturing – a hybrid production process for novel functional products. *Procedia CIRP*. 2013. V.6. P. 35–40.  
 [6] Kumar S., Wu C.S., Padhy G.K., Ding W. Application of ultrasonic vibrations in welding and metal processing: A status review. *J. Manuf. Proc.* 2017. V. 26. P. 295-322.  
 [7] Park D.S., Kim J.Y., Seo J.S. Ultrasonic welding of Ni thin sheet. *Int. J. Mining, Metall. Mech. Eng.* 2013. V. 1. P. 168-172.

## Структурные свойства соединений меди полученных с помощью УЗС

**Юсупова Нелли Рафисовна<sup>1,2</sup>**

**Назаров Айрат Ахметович<sup>1, 2</sup>, Пархимович Николай Юрьевич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Баширский государственный университет

<sup>2</sup>Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

Назаров Айрат Ахметович, д.ф.-м.н.

[yusupovanelli1@gmail.com](mailto:yusupovanelli1@gmail.com)

Ультразвуковая сварка (УЗС) - это метод твердотельного соединения, основанный на приложении ультразвуковых колебаний к листовым материалам при нормальной статической нагрузке, при котором материалы скрепляются нормальным усилием, в то время как применяется высокочастотная вибрация сдвига. Во время этого процесса вибрация деформируется, сдвигается и выравнивает поверхностные неровности, рассеивает внутренние оксиды и загрязняющие вещества и увеличивает площадь контакта свариваемых деталей [1]. Первая демонстрация ультразвуковой сварки была в начале 1950-х годов и была ограничена измельчением зерна и пайкой [2], но теперь метод может применяться к различным более мягким металлам, таким как медь и алюминий, а также к более твердым металлам [3]. Кроме того, ультразвуковая сварка не требует какого-либо припоя или наполнителя и, следовательно, имеет некоторые экологические и экономические преимущества [4].

Технология получила широкое распространение в следующих областях: приборостроение, электроника, производство пластиковых оболочек, выпуск пластмассовых изделий. Он успешно применяется в технологии соединения разных материалов, в том числе металлов [5]. Как правило, ультразвуковая сварка используется для сварки образцов, таких как тонкие проволоки и фольга. Однако из-за наличия мощного оборудования УЗС этот метод в настоящее время становится перспективным для аддитивных технологий производства, особенно для ультразвукового уплотнения больших металлических пластин и фольги в детали [6].

Этот способ сварки характеризуется весьма ценными технологическими свойствами: возможностью соединения металлов без снятия поверхностных пленок и расплавления, особенно хорошей свариваемостью чистой меди, как правило, УЗС используется для сварки образцов, таких как тонкие проволоки и фольга.

В данной работе проведены исследования «объемных» образцов. Для исследования ультразвуковой консолидации была технически чистой меди М1, полученных путем ультразвуковой консолидации листов толщиной 0.7 мм с крупнозернистой структурой. Консолидацию проводили путем последовательной УЗС пяти пластин. На наковальне размещали первые две пластины, сваривали ультразвуком под заданной статической нагрузкой  $P = 7$  кН и временем сварки 1 секунда, затем размещали следующую пластину поверх сваренных и повторяли процесс. Поверхность сварочного наконечника волновода имела вид прямоугольника размерами 6х7 мм и параллельно сделанные насечки для лучшего контакта со свариваемыми пластинами. Консолидированные образцы подвергали отжигу в течение 1 часа при температурах 150 °С и 450 °С.

Изучили качество сварных соединений в консолидированных образцах было исследовано с помощью растровой электронной микроскопии, в том числе методом EBSD.

В данной работе получили такие закономерности как распределение макро и микроструктуры от свариваемого слоя. Исследовано качество сварных соединений: наблюдаются несплошности в виде тонких трещин.

Список публикаций:

- [1] Graff K, Bloss M (2008) *Understanding ultrasonic welding*;  
 [2] Ahmed N (2005) *New developments in advanced welding*. Woodhead publishing 298;  
 [3] Bloss M, Graff K (2009) *Ultrasonic Metal Welding of Advanced Alloys: The Weld ability of Stainless Steel Titanium and Nickel-Based Super alloys*. In *Trends in Welding Research, Proceedings of the 8th International conference*. ASM International;  
 [4] Kim S, Jang H, Kim E, Park D (2010) *Vibration Analysis of Ultrasonic Metal Welding Horn for Optimal Design*. *Proc Int Conf Mechanical Industrial and Manufacturing Technologies (MIMT)*. Sanya China 23.;  
 [5] 2015 *Power Ultrasonics. Applications of High-Intensity Ultrasound* ed J A Gallego-Juarez and K F Graff (Cambridge: Woodhead Publishing)];  
 [6] 2015 *Power Ultrasonics. Applications of High-Intensity Ultrasound* ed J A Gallego-Juarez and K F Graff (Cambridge: Woodhead Publishing)- [2] White D 2000 *Ultrasonic object consolidation US patent # 6,519,500* 3 Friel R J and Harris R A 2013 *Procedia CIRP* 6 35].